

大規模岩盤掘削における発破振動レベル管理手法に関する研究

山口大学工学部 学生員○橋爪 正博 山口大学工学部 正 員 古川 浩平
(株)青木建設 正 員 塩月 隆久 同 上 正 員 中川 浩二

1. はじめに

近年、市街地周辺において、トンネル掘削や宅地造成など、発破による岩盤掘削が行われる機会が増加してきており、発破に伴う振動・騒音等によって住民の生活環境に及ぼす影響が問題とされている。一方、発破振動の影響の評価において、振動公害の観点から取り扱った評価単位である振動レベルを用いることが最近多くなってきている¹⁾。しかし、発破振動に関するその評価基準は定まったものがなく、それを用いた管理手法も確立していないのが現状である。本研究は、ある現場の発破施工データを基に、宅地造成工事のような明かり発破工事を対象として発破箇所が広範囲に位置しその周辺に住宅地が存在する環境下で、発破条件や地盤条件の複雑な要因が多く存在する中での、振動レベルを用いた合理的な発破振動レベル管理手法の構築を目指したもので、発破振動に及ぼす各要因のバラツキについて検討を行った後に、確率論手法に基づく管理手法²⁾を適用しその評価を行う。

2. 従来の振動レベル管理手法の問題点

(現状) 経験的に求められた最大速度振幅式 ($PPV = K \cdot W^a \cdot D^{-b}$) を振動レベル (VL) と最大速度振幅の対応式に代入した次式 (1) を発破振動レベル推定式として用いるとともに、発破振動レベルの管理に当たっては、式 (1) での W, K の値を、施工計画時、試験発破時および本施工時において補正を行いながら、発破振動レベル規制値以下に振動が収まるように管理を行っている。

$$VL (dB) = 20 L o g_{10} (K \cdot W^a \cdot D^{-b}) + 85 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、W：段当たり総薬量 D：発破源と受振点の距離 K, a, b：定数

(問題点) ①しかし、式 (1) での発破振動レベルに影響する薬量 W、距離 D および K 値に含まれる要因の中で不確定な要因が多くあり、そのため計測される振動レベル値のバラツキが大きく、振動レベル管理上それら要因の制御を複雑化している。

②要因の制御に当たり発破施工担当者の経験的判断に委ねられることが多く、統一された思想に基づく管理手法が確立されていない。

3. 本研究に用いた発破施工記録データの概要

約75haのある大規模宅地造成工事現場で、現場地質は火山礫凝灰岩や泥岩、礫岩が分布するというものであった。当発破施工においては、3m～6mの盤打ち発破および6m～12mのベンチ発破を用い約460万m³の掘削を行った。発破振動レベル計測は周囲3地区の住宅地域を対象に15カ月行われた。

4. 発破振動のバラツキに影響する要因の絞り込みと解析

発破振動のバラツキに影響する要因を、発破振動レベル管理上、制御できる要因と制御できない要因に区分を行うと、表-1のようになる。

表-1 発破振動のバラツキに影響する要因

(1) 制御・管理できる要因	式(1)	(2) 制御・管理できない要因	式(1)
①工種（ベンチカット、盤打ち発破）の影響	K	⑤発破箇所の地盤拘束条件の影響	K
②孔当たり、段当たり薬量の影響	W	⑥重畳の影響	K
③瞬発雷管、遅発雷管の影響	W	⑦受振点の地盤特性の影響	K
④爆薬の種類の影響	K	⑧振動伝播経路特性の影響	K

管理上、制御・管理できない要因が多く、これらを予測式に取り入れることは難しく、また予測式も複雑化すると考えられる。そこで、制御できない要因が発破振動に与える影響を整理・解析するとともに、それらをバラツキ（変動係数 δ）という係数を用い、発破振動レベル予測式に取り込むことで、反映させることを試みる。

4.1 受振点の地盤特性、振動伝播経路特性の要因

計測を行った3地区(T1, T2, T3と呼ぶ)の中でT2地区の振動レベル値VLが他の2地区のものより低い値を示している(図-1)。T1, T3地区が崖錐性堆積層上にあるのに対しT2地区は凝灰岩層上にあり、またT2地区と発破箇所との間に幅約1mの断層が存在していた。標記要因の影響に基づきバラツキと考え、K値の地区毎の分類(層別化)を行った(表-2)。

4.2 発破箇所の地盤拘束条件の要因

1 自由面発破(盤打ち発破)か2 自由面(ベンチ発破)によって発破にかかる地盤拘束力が変わり、発破振動のバラツキもその拘束力と相関があるように見られた(図-2)。工種毎にバラツキの係数(変動の層別化(表-3)を行った。

4.3 その他の要因

上記要因の層別化によって絞られたその他の要因による発破振動への影響は表-3の変動係数に包括されたと考える。

5. 確率論手法に基づく発破振動レベル管理手法の適用

5.1 本手法の基本モデル

発破振動規制値(VL_{all})を越える度合いがある値(Pa)以下ならば、住民の人体感覚に与える影響が許容限界以下にあるという考えに基づき、以下の確率論手法を適用した。

VLの分布が正規分布であると仮定すると、許容値 VL_{all} を越える確率を一定値 P_a にするには、 δ を変動係数とすると、次式で表される。

$$P(VL_{all} \leq VL_{max}) = \Phi(\infty) - \Phi\left(\frac{VL_{all} - VL_{mean}}{\delta \cdot VL_{mean}}\right) = P_a \dots\dots (2)$$

これより

$$VL_{mean} = \frac{VL_{all}}{1 + \delta \cdot \Phi^{-1}(1 - P_a)} \dots\dots (3)$$

薬量の決定に対しては下式より最大許容装薬量 W_{cal} を決定する。

$$VL_{mean} = 20 \log_{10}(K \cdot W^a \cdot D^{-b}) + 85 \dots\dots (4)$$

5.2 現場データを用いた本手法のシミュレーションの結果

図-3に3m盤打ち発破(T1地区)の結果を示す。これから、最大許容装薬量 W_{cal} 以下の実装薬量であれば発破振動レベル規制値(VL_{all})以下に発破振動値を押さえられることが分かる。

6. おわりに

本研究で対象とした、発破箇所、受振点が広範囲に位置する大規模な岩盤掘削においても、発破箇所の地盤条件に起因するばらつきを、各工種別に変動係数 δ を用い確率論的に取り入れるとともに、受振点特性によるばらつきを、K値を用いて層別化を行うことで、実施工への適用において、有効性のある発破振動レベル管理手法の提案を行うことができた。

参考文献1) たとえば国松 直・三浦房紀・今井威・中川浩二：速度波形を用いた振動レベルの推定，土木学会論文集 第391号/V1-8, pp.134~141, 1988
2) 吉岡幸雄・宮地明彦・古川浩平・中川浩二：確率論手法に基づく発破振動管理手法に関する一提案，土木学会論文集 第403号/V1-10, pp.199~208, 1989

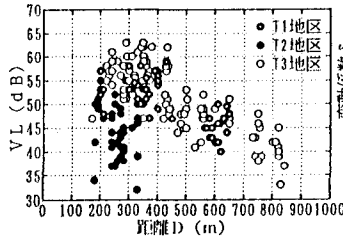


図-1 地区別のVL-距離D

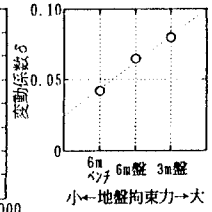


図-2 地盤拘束力と変動係数 δ

表-2 K値

	K	K_{3m}
T1地区	27.0	23.2
T2地区	8.1	15.0
T3地区	16.0	11.7

表-3 工種別変動係数 δ

工 種	δ
3m盤打ち発破 一段一孔	0.080
3m盤打ち発破 一段多孔	0.092
6m盤打ち発破 一段一孔	0.065
6mベンチ発破 一段一孔	0.042

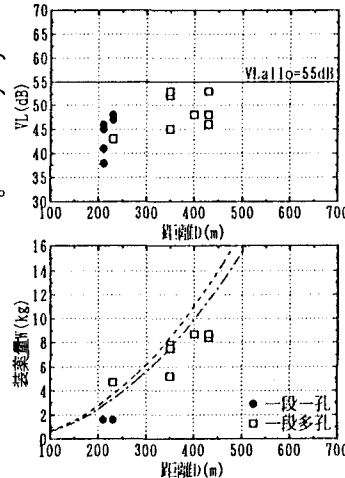


図-3 3m盤打ち発破(T1地区)シミュレーション結果